

# **“Análisis de Estimación Óptima del Accidente de Pérdida de Refrigerante por Rotura Pequeña de 1” en Cabeza de Vasija en un Reactor tipo PWR”**

Gonzalo Jiménez\*, César Queral\*,  
Juan Carlos Martínez-Murillo\*\*

\* Universidad Politécnica de Madrid  
José Gutiérrez Abascal, 2 | 28006 Madrid  
TEL: +34 91 336 3112 | FAX: / +34 91 336 3002  
\*\*CNAT

Email: gonzalo.jimenez@upm.es

En el año 2002 durante una inspección se localizó una importante corrosión en la cabeza de la vasija de Davis Besse NPP. Si no se hubiera producido esa detección temprana, la corrosión hubiera provocado una pequeña rotura en la cabeza de la vasija.

La OECD/NEA consideró la importancia de simular esta secuencia en la instalación experimental ROSA, la cual fue reproducida posteriormente por grupos de investigación internacionales con varios códigos de planta. En este caso el código utilizado para la simulación de las secuencias experimentales es TRACE.

Los resultados de este test experimental fueron muy analizados internacionalmente por la gran influencia que dos factores tenía sobre el resultado: las acciones del operador relativas a la despresurización y la detección del descubrimiento del núcleo por los termopares que se encuentran a su salida.

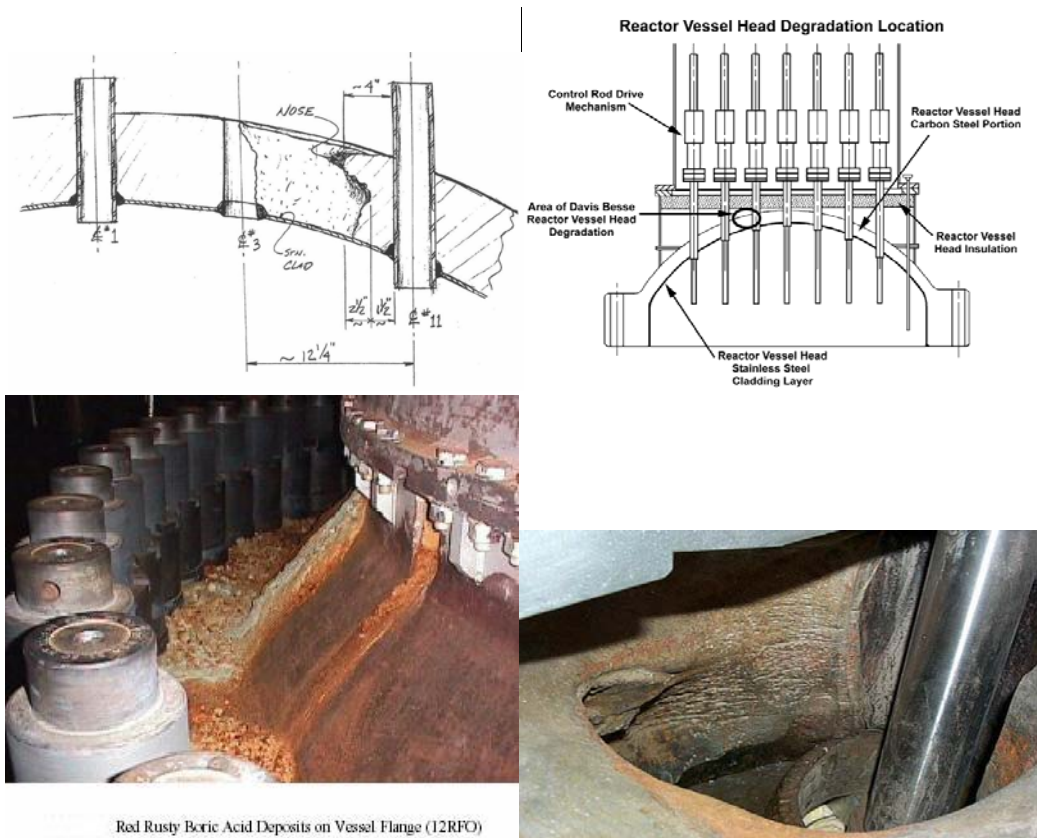
El comienzo del inicio de la despresurización del secundario estaba basado en la determinación del descubrimiento del núcleo por la lectura de los termopares de salida del núcleo. En el experimento se registró un retraso importante en la determinación de ese descubrimiento, comenzando la despresurización excesivamente tarde y haciendo necesaria la desactivación de los calentadores que simulan el núcleo del reactor para evitar su daño.

Dada las condiciones excesivamente conservadoras del test experimental, como el fallo de los dos trenes de inyección de alta presión durante todo el transitorio, en las aplicaciones de los experimentos con modelo de Almaraz NPP, se ha optado por reproducir dicho accidente con condiciones más realistas, verificando el impacto en los resultados de la disponibilidad de los trenes de inyección de alta presión o los tiempos de las acciones manuales del operador, como factores más limitantes y estableciendo el diámetro de rotura en 1”.

## **1. Antecedentes**

La corrosión encontrada en la cabeza de la vasija de Davis Besse NPP en 2002, Figura 1, relanzó el interés en la evaluación y la monitorización de la integridad estructural de la vasija del reactor. La rotura circunferencial de la tobera de penetración del mecanismo de accionamiento de la barra de control pudo causar un SBLOCA en la

cabeza de la vasija de la central si no se hubiese descubierto a tiempo.



**Figura 1. Localización de la corrosión en la cabeza de la vasija en Davis Besse NPP** (<http://www.nrc.gov>)

En las siguientes secciones se describe el desarrollo y la simulación del Test 6.1 que reproduce un SBLOCA en la cabeza de la vasija con fallo del HPIS y la simulación de dicho transitorio ante diferentes hipótesis para el modelo de Almaraz NPP con TRACE.

## 2. Test 6.1 en ROSA

El ROSA Test 6-1 fue realizado el 17 de noviembre de 2005 en el Large Scale Test Facility (LSTF) perteneciente a JAEA. Al principio del test debido al considerable tamaño de la rotura (el equivalente a un alojamiento del mecanismo de inserción de las barras de control) y al descubrimiento del núcleo hubo una gran despresurización inicial seguida de un calentamiento del combustible. Por ello, cuando la acción manual de despresurización del secundario fue iniciada, la presión del primario estaba mucho más baja que la del secundario. Esta acción fue iniciada después de la detección de alta temperatura ( $T > 623$  K) en los CETs de salida del núcleo. El pico de temperatura en los CETs aparece en el centro del núcleo.

Debido a la implementación demasiado tardía de la despresurización fue excesivamente ineficiente, hasta que la temperatura del secundario bajó por debajo de la del primario. Debido a este inesperado retraso en la implementación de la acción, tuvo que actuarse el sistema de protección del núcleo bajando la potencia al 10% para evitar daños físicos en los calentadores que simulan el núcleo de la instalación.

La secuencia de eventos del accidente se puede ver en la Tabla 1.

Event	Time (s)
Break valve open	0
SCRAM signal (low primary pressure)	26
Core uncover	≈ 800
Beginning of secondary side depressurization due to high CET temperature	1090
Initiation of core protection system due to high cladding temperature	1200
Accumulators injection	1300
Low pressure safety injection starts	2900
End of experiment (valve closed)	3266

**Tabla 1. ROSA Test 6.1. Secuencia de eventos.**

El test fue simulado correctamente con el modelo en TRACE. Las presiones de primario y secundario tienen un comportamiento muy parecido a los datos experimentales, aunque hay un pequeño retraso en la presión del primario. Otros participantes en el proyecto obtuvieron también muy buenos resultados.

Los resultados nos muestran que la acción manual de despresurización fue efectiva pero se implementó excesivamente tarde. Por ello, las temperaturas registradas en el núcleo tienen valores inesperadamente altos.

Este hecho creó una gran preocupación en los técnicos que habían colaborado en dicho test, ya que ese mismo efecto de retraso en la detección del descubrimiento del núcleo con los CETs ya había sido experimentado en otros test de SBLOCA en la cabeza de la vasija en dicha instalación, pero el retraso en la detección del descubrimiento del núcleo nunca había sido tan largo (sobre 200 s).

### **3. UHSBLOCA en el modelo de Almaraz NPP**

Para el análisis equivalente de SBLOCA en cabeza de vasija para el modelo de Almaraz NPP en TRACE se ha tomado como caso base un caso best estimate con todas las salvaguardias disponibles y con los tiempos de actuación del operador más realistas encontrados en la literatura. Con ello se pretende realizar un análisis del caso más realista posible, midiendo a su vez el impacto que tiene sobre la evolución de la planta durante el accidente las acciones del operador y los tiempos de ejecución de dichas acciones.

Por ello, para el caso base se han tomado las siguientes hipótesis:

- Ambos trenes de inyección de seguridad están disponibles, para la inyección de alta presión y para la inyección de baja presión.
- El tamaño de la rotura es de 1", que corresponde al tamaño estimado para una pequeña rotura en el accionamiento de la barra de control de la cabeza de la

vasija.

- Se ejecuta un estacionario de 2650 s, momento en el cual se produce la rotura
- El disparo de las RCPs se produce a los 6 min (360 s) después del disparo al haber entrado los trenes de inyección de seguridad, de acuerdo con la Ref. 25.
- La despresurización de secundario para enfriamiento del primario se produce a los 20 min del disparo (1200 s), de acuerdo con la Ref. 25.
- La despresurización por apertura de las PORVs del presionador se produce a los 40 min (2400 s) del disparo, de acuerdo con la Ref. 25.
- La apertura de las PORVs se mantiene durante 100 segundos, suficientes para que el nivel en el presionador suba del 29% requerido por el POE para terminar con la despresurización del primario al recuperar el control de la presión.
- La planta se estabiliza a las 3h de iniciarse el accidente a una presión cercana a los 80 bar, como en la mayoría de los SBLOCA en rama fría.
- La simulación se desarrolla hasta los caudales de inyección y de rotura se igualan y la presión en el primario llega a un estacionario, para poder analizar la parte más complicada en la gestión del accidente, que es la inmediatamente posterior a la rotura

A partir de dicho caso base se han ejecutado multitud de casos de sensibilidad, Tabla 2, variando los principales parámetros que afectan a las acciones humanas: tiempos de despresurización de secundario, tiempos de despresurización por las PORVs del presionador, disponibilidad de varios trenes de inyección, disparo de las RCPs y además se analizan los casos en los que no se postulan acciones del operador.

	Tamaño rotura	Trenes HPSI	Rotura	Disparo RCPs	Desp. 55K/h	PORVs open	PORVs closed
CNA-v2-T5p1-hpsi-poe4	1"	2	2650	3010	3850	5050	5150
CNA-v2-T5p1-hpsi-poe5	1"	2	2650	3010	3850	5050	5350
CNA-v2-T5p1-hpsi-poe6	1"	2	2650	3010	3850	no	no
CNA-v2-T5p1-hpsi-poe7	1"	2	2650	no	3850	5050	5150
CNA-v2-T5p1-hpsi-poe8	1"	2	2650	3010	3250	5050	5150
CNA-v2-T5p1-hpsi-det-rcp	1"	2	2650	3010	no	no	no
CNA-v2-T5p1-hpsi-det-rcp- inf	1"	2	2650	no	no	no	no
CNA-v2-T5p1-hhpsi-poe4	1"	1	2650	3010	3850	5050	5150
CNA-v2-T5p1-no-hpsi-poe4	1"	0	2650	3010	3850	5050	5150

**Tabla 2. Casos de sensibilidad ejecutados en UHSBLOCA**

#### 4. Conclusiones sobre los análisis de sensibilidad

El impacto de los diferentes casos de sensibilidad se resume en la Tabla 3.

Caso de sensibilidad	Impacto	Comentarios
Tiempo de retraso de las PORVs	BAJO	Sólo es importante en el caso en el que se elimine la despresurización mediante las PORVs
Disparo de las RCPs	ALTO	El impacto es importante para la gestión a largo plazo
Despresurización por el secundario	MEDIO	La despresurización mediante las PORVs es más efectiva si se adelanta la despresurización mediante el secundario.
Casos sin acciones del operador	MUY ALTO	El comportamiento de la planta es completamente distinto en estos casos
Trenes de inyección	MUY ALTO	En el caso de un tren de inyección el comportamiento es muy similar al de dos trenes, pero en el caso de no contar con trenes de inyección el núcleo está descubierto hasta la entrada de los acumuladores.

**Tabla 3. Impacto de los casos de sensibilidad sobre los casos de UHSBLOCA.**

Como principal conclusión se puede extraer que los casos con hipótesis realistas ejecutados no han supuesto un reto en términos de PCT ni de descubrimiento de núcleo y por tanto este tipo de SBLOCA no representan ningún problema en caso de tener actuar las salvaguardias mínimas contempladas en el APS.